

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 07050299  
PUBLICATION DATE : 21-02-95

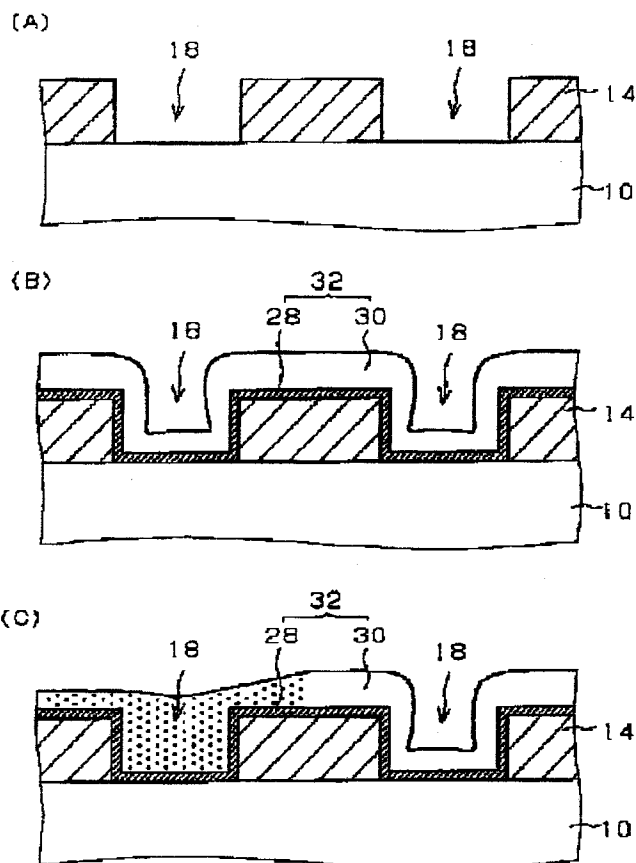
APPLICATION DATE : 06-08-93  
APPLICATION NUMBER : 05213587

APPLICANT : SONY CORP;

INVENTOR : SUGANO YUKIYASU;

INT.CL. : H01L 21/3205 H01L 21/26

TITLE : CRYSTALLIZATION OF ALUMINUM  
WIRING INTO SINGLE CRYSTAL



**ABSTRACT :** PURPOSE: To provide a crystallizing method for the aluminum wiring of a semiconductor device into a single crystal so as to provide a crystallized aluminum layer into a single crystal in a wide range of area.

CONSTITUTION: A crystallizing method for an aluminum wiring into a single crystal is composed of the following processes; a) a process of forming an insulating layer 14 on a substrate 10 and forming a groove 18 on the insulating layer 14, b) a process of forming aluminum wiring layers 28 and 30 on the insulating layer 14 provided with the groove 18, and c) a process of heating the aluminum wiring layers under the condition that prescribed temperature gradient is formed on the substrate and the aluminum layer 30 which constitutes the aluminum wiring layer is crystallized into a single crystal so as to form the aluminum wiring.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-50299

(43) 公開日 平成7年(1995)2月21日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/3205  
21/26

8826-4M  
8617-4M

H 0 1 L 21/ 88  
21/ 26

N  
L

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平5-213587

(22) 出願日 平成5年(1993)8月6日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 菅野 幸保

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
ー株式会社内

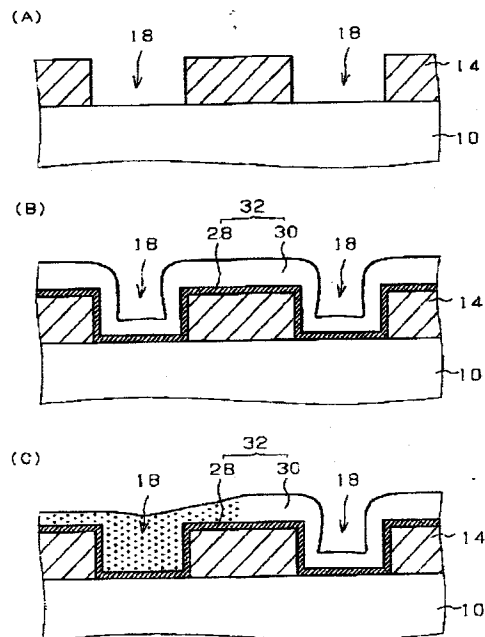
(74) 代理人 弁理士 山本 孝久

(54) 【発明の名称】 アルミニウム系配線の単結晶化方法

(57) 【要約】

【目的】 広範囲の領域において単結晶化されたアルミニウム層を得ることができる、半導体装置におけるアルミニウム系配線の単結晶化方法を提供する。

【構成】 アルミニウム系配線の単結晶化方法は、(イ) 基体10上に絶縁層14を形成した後、絶縁層14に溝部18を形成する工程と、(ロ) 溝部18を含む絶縁層14上にアルミニウム系配線層28、30を形成する工程と、(ハ) 基体に所定の温度勾配を形成した状態でアルミニウム系配線層を加熱して、アルミニウム系配線層を構成するアルミニウム層30を単結晶化し、以ってアルミニウム系配線を形成する工程、から成る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (イ) 基体上に絶縁層を形成した後、該絶縁層に溝部を形成する工程と、

(ロ) 該溝部を含む該絶縁層上にアルミニウム系配線層を形成する工程と、

(ハ) 基体に所定の温度勾配を形成した状態でアルミニウム系配線層を加熱して、アルミニウム系配線層を構成するアルミニウム層を単結晶化し、以ってアルミニウム系配線を形成する工程、から成ることを特徴とする半導体装置におけるアルミニウム系配線の単結晶化方法。

【請求項2】 前記アルミニウム系配線層の加熱は赤外線ランプを用いて行われることを特徴とする請求項1に記載のアルミニウム系配線の単結晶化方法。

【請求項3】 前記アルミニウム系配線層の加熱は抵抗加熱装置を用いて行われることを特徴とする請求項1に記載のアルミニウム系配線の単結晶化方法。

【請求項4】 前記 (ハ) の工程の後、絶縁層上のアルミニウム系配線層を除去する工程を更に含むことを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載のアルミニウム系配線の単結晶化方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体装置におけるアルミニウム系配線の単結晶化方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 LSIに用いられるアルミニウム系配線は次第に微細化されつつあり、現在ではサブミクロンレベルの半導体素子が製造されている。これに伴い、アルミニウム系配線に流れる電流の電流密度も次第に増加しつつある。また、最近の半導体装置はより一層高い信頼性レベルが要求されている。

【0003】 従来のスパッタ法による絶縁層上のアルミニウム系配線の形成及び接続孔の形成方法の概要を、半導体素子の模式的な一部断面図である図16を参照して、以下、説明する。

【0004】 【工程-10】 先ず、例えば拡散層から成る下層導体層12が形成された半導体基板である基体10上に、 $SiO_2$ から成り例えば厚さ500nmの絶縁層14をCVD法にて形成し、次いで、下層導体層上の絶縁層14にRIE法等によって開口部26を形成する(図16の(A)参照)。

【0005】 【工程-20】 その後、次の工程で形成されるアルミニウム層の濡れ性改善のために、下地層28をスパッタ法にて開口部26内を含む絶縁層14上に形成する。下地層28は、例えば、100nm厚さのTi膜から成る(図16の(B)参照)。

【0006】 【工程-30】 次いで、基体10を例えば約150°Cに加熱した状態で、スパッタ法にてアルミニウム層30を下地層28上に堆積させる。アルミニウム層30は、純アルミニウムあるいは例えばAl-1%

Si等のアルミニウム系合金(以下、これらを総称してAl系合金という場合もある)から成る。開口部26のアスペクト比が高い場合、開口部26がアルミニウム層30で完全に埋め込まれない場合がある。このような場合には、アルミニウム層30の形成後、半導体基板を400~500°Cに加熱する。これによって、絶縁層14上に堆積したアルミニウム層30は流動状態となり、開口部26内に流入し、開口部26はアルミニウム層30で確実に埋め込まれる。こうして、絶縁層14上には、Tiから成る下地層28及びアルミニウム層30が積層されたアルミニウム系配線層32が形成される(図16の(C)参照)。また、開口部26内に下地層28及びアルミニウム層30が埋め込まれた接続孔26Aが形成される。次いで、アルミニウム系配線層32をパターニングして所望のアルミニウム系配線34を完成させる(図16の(D)参照)。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 アルミニウム系配線の幅が狭くなるに従い、アルミニウム系配線に流れる電流の電流密度は増加する。このような状態においては、アルミニウム系配線のストレスマイグレーション及びエレクトロマイグレーションが問題となる。

【0008】 図16の(D)に示した配線構造は、ストレスマイグレーションへの対処の観点から、好ましい構造である。即ち、ストレスマイグレーションに起因してアルミニウム層30に断線が発生しても、Tiから成る下地層28によって導通がとれるので、完全な断線には至らない。

【0009】 然るに、図16の(D)に示した配線構造は、エレクトロマイグレーションへの対処には充分ではなく、かかる配線構造によってはエレクトロマイグレーションに起因した配線の断線を防止することができない。エレクトロマイグレーションは、アルミニウム層中に形成された結晶粒界をアルミニウム原子が拡散するために生じる。一般に、 $SiO_2$ 等の絶縁層上に形成されたAl系合金は多結晶構造を有し、単結晶にはならない。従って、先に説明した【工程-10】~【工程-30】にて形成されたアルミニウム層におけるAl系合金は多結晶構造を有するので、結晶粒界がアルミニウム層中に多数存在し、エレクトロマイグレーションの発生を十分抑制することができない。

【0010】 エレクトロマイグレーションを防止するために以下に述べる対策が提案されている。

(1) アルミニウム層を銅を含むアルミニウム合金にて形成する。

(2) アルミニウム層の配向性を改善する。

(3) アルミニウム層を構成するアルミニウムあるいはアルミニウム合金を単結晶化する。

【0011】 然るに、結晶粒界を出来るだけ少なくすることがエレクトロマイグレーションに対する本質的な解

決策であり、上記の(1)及び(2)によってはエレクトロマイグレーションの発生を十分抑制することができない。

【0012】上記の(3)に関しては、絶縁層の表面に溝部を形成し、かかる溝部を含む絶縁層上に純アルミニウム層をスパッタ法にて形成した後、真空中で500°Cのアニール処理を純アルミニウム層に施すと、アルミニウム層が単結晶化することが知られている(例えば、日経マイクロデバイス1992年12月号第105~106頁「単結晶Alの配線技術0.25μm向けに急浮上」参照)。

【0013】しかしながら、この文献に記載されたアルミニウム層の単結晶化方法では、アルミニウム層の結晶成長がウエハの多数の箇所から同時に起こるために、結果として、アルミニウム層は多結晶構造になってしまうという問題がある。これでは、アルミニウム層の満足すべき単結晶化を得ることができず、配線の信頼性の改善が不十分であるという問題がある。

【0014】従って、本発明の目的は、広範囲の領域において単結晶化されたアルミニウム層を得ることができる、半導体装置におけるアルミニウム系配線の単結晶化方法を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、(イ)基体上に絶縁層を形成した後、絶縁層に溝部を形成する工程と、(ロ)溝部を含む絶縁層上にアルミニウム系配線層を形成する工程と、(ハ)基体に所定の温度勾配を形成した状態でアルミニウム系配線層を加熱して、アルミニウム系配線層を構成するアルミニウム層を単結晶化し、以ってアルミニウム系配線を形成する工程、から成ることを特徴とする本発明のアルミニウム系配線の単結晶化方法によって達成することができる。

【0016】本発明のアルミニウム系配線の単結晶化方法においては、アルミニウム系配線層の加熱を赤外線ランプを用いて行い、あるいは又、抵抗加熱装置を用いて行うことが望ましい。また、前記(ハ)の工程の後、絶縁層上のアルミニウム系配線層を除去する工程を更に含むことが望ましい。更に、前記(イ)の工程中に、絶縁層に開口部を形成する工程を含ませることができる。

【0017】

【作用】本発明のアルミニウム系配線の単結晶化方法においては、基体に所定の温度勾配を形成した状態でアルミニウム系配線層を加熱して、アルミニウム系配線層を構成するアルミニウム層を単結晶化する。これによって、絶縁層上に形成された多結晶のアルミニウム層は、基体の一部分から単結晶化が確実に開始されるので、十分広い範囲の領域、例えばウエハ全面において、アルミニウム層が単結晶化され得る。

【0018】

【実施例】以下、図面を参照して、実施例に基づき本発

明を説明する。

【0019】(実施例1)実施例1においては、アルミニウム系配線層の加熱を赤外線ランプを用いて行い、赤外線ランプの下でウエハを移動させることによって基体に所定の温度勾配を形成する。実施例1では、基体上に溝部を形成し、この溝部内にアルミニウム系配線を形成する。実施例1のアルミニウム系配線の単結晶化方法を、半導体素子の模式的な一部断面図である図1及び図2を参照して、以下、説明する。

【0020】[工程-100]例えば半導体基板から成る基体10上にSiO<sub>2</sub>から成る絶縁層14を形成する。絶縁層14の形成条件を、例えば以下のとおりとすることができる。

使用ガス : SiH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>=250/250/100sccm

温度 : 420°C

圧力 : 13.3Pa

膜厚 : 0.8μm

【0021】[工程-110]その後、フォトリソグラフィ技術及びドライエッチング技術によって、絶縁層14に溝部18を形成する(図1の(A)参照)。ドライエッチングの条件を、例えば以下のとおりとすることができる。

使用ガス : C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>=50sccm

RFパワー : 1200W

圧力 : 2Pa

【0022】[工程-120]次に、スパッタ法にて溝部18を含む絶縁層14の全面にTiから成る下地層28を形成する。枚葉式マルチチャンスパッタ装置を用いた下地層28の形成条件を例えば以下のとおりとすることができる。尚、下地層28の厚さを100nmとした。

使用ガス : Ar=100sccm

パワー : 4kW

圧力 : 0.5Pa

成膜温度 : 150°C

【0023】[工程-130]引き続き、下地層28が酸化されないように、真空中で別のチャンバ内にウエハを搬送し、スパッタ法にて下地層28上にアルミニウム層30(例えばAl-1%Siから成る)を堆積させる(図1の(B)参照)。絶縁層14上のアルミニウム層30の厚さを600nmとした。スパッタの条件を、例えば以下のとおりとした。

プロセスガス : Ar=100sccm

DCパワー : 22.5kW

スパッタ圧力 : 0.5Pa

基体加熱温度 : 150°C

【0024】[工程-140]次に、基体に所定の温度勾配を形成した状態で、下地層28及びアルミニウム層30から成るアルミニウム系配線層32を加熱して、ア

ルミニウム系配線層を構成するアルミニウム層30を単結晶化し、以ってアルミニウム系配線を形成する。

【0025】アルミニウム系配線層32を加熱する赤外線ランプ加熱装置を図3に模式的に示す。この加熱装置には、複数の棒状の赤外線ランプ50が上下に平行に配置されている。上下の赤外線ランプ50の間には、石英チューブ52が配置されている。石英チューブ52の左側に設けられたガス導入部54からアルゴンガスがウエハにおける酸化防止のために石英チューブ52内に導入される。石英ハンドラー60の挿入のために石英チューブ52に挿入口56が設けられている。このような構成の加熱装置は従来の加熱装置と同様である。

【0026】従来の加熱装置と相違する点は、挿入口56の近傍の石英チューブ52内部に、反射板58が設けられている点にある。石英ハンドラー60に載せられたウエハをゆっくりと石英チューブ52に挿入する。ウエハの移動速度は5cm/分程度が適当である。反射板58の左側に出たウエハの部分は、直接赤外線ランプ50によって加熱されて、例えば550°Cに昇温させられる。更にウエハを左側に移動させると、ウエハの昇温領域は相対的にウエハの左側から右側へと拡大していく。

【0027】即ち、赤外線ランプによるウエハの加熱温度の制御、及びウエハの移動速度の制御によって、基体に所定の温度勾配が形成される。この状態でアルミニウム系配線層32が加熱されることによって、アルミニウム系配線層32を構成するアルミニウム層30は単結晶化される。具体的には、基体10は先ず左端から加熱され始める。すると、この領域におけるアルミニウム層30は流動化して、溝部18内を埋め、この際、溝部18内に埋め込まれたアルミニウム層及びその周辺部のアルミニウム層は単結晶化する(図1の(C)参照)。尚、図1及び図2において、単結晶化されたアルミニウム層30の領域には点を付した。

【0028】ウエハを左側に移動させていくに従い、ウエハの加熱された領域は相対的に右側に広がっていく。その結果、当初単結晶化されたアルミニウム層の領域を種にして、アルミニウム層の単結晶化された領域が相対的に右側の領域に広がっていく(図2の(A)参照)。最終的には、例えば絶縁層14上に形成されたアルミニウム層全体が単結晶化される。こうして、アルミニウム系配線層32を構成するアルミニウム層30が単結晶化され、アルミニウム系配線層34が形成される。

【0029】[工程-150]その後、絶縁層14上のアルミニウム系配線層32をケミカルメカニカルポリッシュ法にて研磨して、溝部18内にアルミニウム系配線層を残す。この場合、SiO<sub>2</sub>から成る絶縁層14を研磨におけるストッパーとして機能させることにより、ケミカルメカニカルポリッシュに対するアルミニウム系配線層32と絶縁層14の選択比を無限大まで設定することが可能となる。ケミカルメカニカルポリッシュには、

例えば図4に示す研磨装置を用いる。ケミカルメカニカルポリッシュの条件を、例えば以下のとおりとすることができる。

研磨プレート回転数 : 37rpm

ウエハ保持試料台回転数 : 17rpm

研磨圧力 :  $5.5 \times 10^8 \text{ Pa}$

パッド温度 : 40°C

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>+HNO<sub>3</sub>+CH<sub>3</sub>COOH溶液を用いて、ケミカルメカニカルポリッシュを行う。尚、この溶液の流量を225ml/分とした。

【0030】従来SiO<sub>2</sub>を研磨する場合はスラリー(SiO<sub>2</sub>系の研磨剤+KOH+水)を用いるが、スラリーでSiO<sub>2</sub>を研磨する際、スラリーが研磨すべき面内に均一に分布しないため、研磨し過ぎ等によりウエハ内の研磨面の平坦化にばらつきが生じるという問題がある。Al-Siから成るアルミニウム層30及び下地層28を研磨する場合、スラリーを必要とせず、H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>+HNO<sub>3</sub>+CH<sub>3</sub>COOH溶液等でアルミニウム層及び下地層を研磨することで、アルミニウム層30及び下地層28のみをエッチバックすることが可能であり、ウエハ内の研磨面の平坦化にばらつきも少ないという利点を有する。

【0031】これによって、図2の(B)に模式的な一部断面図を示すように、絶縁層14に埋め込まれたアルミニウム系配線34が形成される。

【0032】必要に応じて、アルミニウム系配線34が形成された絶縁層14の上に、更に絶縁層を形成し、

[工程-110]~[工程-150]を繰り返すことによって、図5に示すような多層配線構造を形成することができる。尚、図5中、14Aは絶縁層であり、26Aは接続孔である。

【0033】また、ケミカルメカニカルポリッシュ法の代わりに、アルミニウム層30及び下地層28から成るアルミニウム系配線層32をドライエッチング法にてエッチバックすることによって、絶縁層14上のアルミニウム系配線層を除去することもできる。ドライエッチングの条件を、例えば以下のとおりとすることができる。

使用ガス : BCl<sub>3</sub>/Cl<sub>2</sub>=60/90sccm

マイクロ波パワー : 1000W

RFパワー : 50W

圧力 : 0.016Pa

【0034】尚、[工程-140]で用いた赤外線ランプ加熱装置は、種々変形することができる。反射板58を、例えばカメラのレンズシャッターと類似の機構に置き換えることができる。反射板58をこのような機構とし、図6の(A)に示すように、当初、反射板58を閉じた状態で石英ハンドラー60を用いて、ウエハを石英チューブ52の中央部に配置する。次いで、図6の(B)に示すように、反射板58を徐々に開くことにより基体に所定の温度勾配が形成される。そして、ウエハ

7

の中央部に位置するアルミニウム層から単結晶化が開始され、反射板58の開口部が広がるに従い、アルミニウム層の単結晶化領域がウエハの外周部へと広がっていく。最終的には、例えば絶縁層上に形成されたアルミニウム層全体が単結晶化される。こうして、アルミニウム系配線層32を構成するアルミニウム層30が単結晶化され、アルミニウム系配線が形成される。

【0035】あるいは又、図7の(A)に模式的な平面図を示すように、反射板58を開口部を有する2枚の板58A、58Bから構成し、図7の(B)に示すように、かかる2枚の板58A、58Bを相対的に移動させて2枚の板によって形成される開口部分の面積を徐々に広げることで、基体に所定の温度勾配を形成することもできる。

【0036】赤外線ランプ加熱装置以外の加熱装置、例えば抵抗加熱装置を用いることもできる。ウエハの中央部の温度が外周部の温度よりも約50°C高くなるように抵抗加熱装置を調整する。例えば、ウエハの中央部の温度を約600°C、外周部の温度を約550°Cとする。ウエハが600°Cに加熱されるまでに約40秒を要する。一方、アルミニウム層の単結晶化は10ナノ秒程度で起こる。従って、ウエハが加熱される過程で、ウエハの中央部からアルミニウム層の単結晶化が始まり、ウエハの昇温に伴って、アルミニウム層の単結晶化された領域は、ウエハの中央部から外周部へと広がっていく。

【0037】(実施例2) 実施例2が実施例1と相違する点は、絶縁層に溝部28だけでなく接続孔26Aをも形成する点にある。尚、実施例1と同様に、基体アルミニウム系配線層の加熱を赤外線ランプを用いて行い、赤外線ランプの下でウエハを移動させることによって基体に所定の温度勾配を形成する。実施例2のアルミニウム系配線の単結晶化方法を、半導体素子の模式的な一部断面図である図8~図11を参照して、以下、説明する。

【0038】[工程-200] 従来の方法で、拡散層から成る下層導体層12が形成されたシリコン半導体基板から成る基体10上に、SiO<sub>2</sub>及びBPSGから成る例えば厚さ0.5μmの絶縁層14をCVD法にて形成する。絶縁層14の形成条件を、例えば以下のとおりとすることができる。

SiO<sub>2</sub>層の形成

使用ガス : TEOS 50sccm

圧力 : 40Pa

温度 : 720°C

膜厚 : 400nm

BPSG層の形成

使用ガス : SiH<sub>4</sub>/PH<sub>3</sub>/B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>=80/7/7/1000/32000sccm

温度 : 400°C

圧力 : 1.0×10<sup>-5</sup>Pa

8

膜厚 : 500nm

更に900°C、20分のリフロー処理を行い、層間絶縁層14の平坦化を行う。

【0039】次に、SiO<sub>2</sub>から成る絶縁層14Aを全面に形成する。絶縁層14Aを、例えば以下の条件で形成することができる。

使用ガス : SiH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>=250/250/100sccm

温度 : 420°C

圧力 : 13.3Pa

膜厚 : 500nm

【0040】[工程-210] 次いで、絶縁層14Aに溝部18を形成する。そのために、レジストマスク16を形成した後、反応性イオンエッチング(RIE)法にて絶縁層14Aに溝部18を設ける(図8の(A)参照)。溝部18の深さを500nmとした。また、RIEの条件を例えば以下のとおりとした。

使用ガス : C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>=50sccm

圧力 : 2Pa

RFパワー : 1200W

【0041】[工程-220] 次に、絶縁層14に開口部26を形成する。そのために、レジストマスク16を除去した後、再びレジスト層20を形成し、このレジスト層20の上にレジスト層20の凹凸を平坦化するためのSOG(Spin On Glass)層22を形成する。そして、SOG層22の上に、更に第2のレジスト層24を形成する。そして、フォトリソグラフィ技術によって第2のレジスト層24をパターンニングする。その後、SOG層22をRIE法にてエッチングする。RIEの条件を例えば以下のとおりとした。

使用ガス : CHF<sub>3</sub>/O<sub>2</sub>=75/8sccm

圧力 : 6.5Pa

RFパワー : 1350W

【0042】次いで、レジスト層20をRIE法にてエッチングする(図8の(B)参照)。エッチングの条件を、例えば以下のとおりとする。

使用ガス : O<sub>2</sub>/S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>=30/10/10sccm

圧力 : 0.67Pa

RFパワー : 30W

マイクロ波パワー : 850W

基体温度 : -30°C

【0043】その後、絶縁層14をRIE法にてエッチングして開口部26を形成する。RIEの条件を例えば以下のとおりとした。

使用ガス : C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>=50sccm

圧力 : 2Pa

RFパワー : 1200W

【0044】こうして、図9の(A)に示す構造を得ることができる。尚、SOG層22及び第2のレジスト層

24の形成は、場合によっては省略することができる。この場合には、レジスト層20の形成、フォトリソグラフィ技術によるレジスト層20のパターニング、及びRIE法による絶縁層14のエッチングによって、開口部26を形成することができる。

【0045】[工程-230] 第2のレジスト層24、SOG層22、レジスト層20を除去した後、スパッタ法にて開口部26、溝部18を含む絶縁層14Aの全面にTiから成り厚さ100nmの下地層28を形成する。枚葉式マルチチャンパスパッタ装置を用いた下地層28の形成条件を例えば実施例1の[工程-120]と同様とすることができる。

【0046】[工程-240] 引き続き、下地層28が酸化されないように、真空中で別のチャンバ内にウエハを搬送し、スパッタ法にて下地層28上にアルミニウム層30（例えばAl-1%Siから成る）を堆積させる（図9の（B）参照）。絶縁層14A上のアルミニウム層30の厚さを600nmとした。スパッタの条件を、例えば実施例1の[工程-130]と同様とすることができる。

【0047】[工程-250] 次に、基体に所定の温度勾配を形成した状態で、下地層28及びアルミニウム層30から成るアルミニウム系配線層32を加熱して、アルミニウム系配線層を構成するアルミニウム層30を単結晶化し、以ってアルミニウム系配線を形成する。この工程は実施例1の[工程-140]等と同様とすることができ、詳細な説明は省略する。

【0048】尚、アルミニウム層30が逐次単結晶化されていく状態を図10に模式的に示す。即ち、基体10は先ず左端から加熱され始める。すると、この領域におけるアルミニウム層30は流動化して、溝部18あるいは開口部26内を埋め、この際、溝部18あるいは開口部26内に埋め込まれたアルミニウム層及びその周辺部のアルミニウム層は単結晶化する（図10の（A）参照）。尚、図10において、単結晶化されたアルミニウム層30の領域には点を付した。

【0049】ウエハを左側に移動させていくに従い、ウエハの加熱された領域は相対的に右側に広がっていく。その結果、当初単結晶化されたアルミニウム層の領域を種にして、アルミニウム層の単結晶化された領域が相対的に右側の領域に広がっていく（図10の（B）参照）。最終的には、例えば絶縁層14A上に形成されたアルミニウム層全体が単結晶化される。こうして、アルミニウム系配線層32を構成するアルミニウム層30が単結晶化され、アルミニウム系配線34が形成される。

【0050】[工程-260] その後、絶縁層14A上の単結晶化されたアルミニウム層30を含むアルミニウム系配線層32を、実施例1の[工程-150]等にて説明したケミカルメカニカルポリッシュ法あるいはドライエッチング法にて除去し、溝部18及び開口部26内

にアルミニウム系配線層を残す。これによって、図11に模式的な一部断面図を示すように、絶縁層14Aに埋め込まれたアルミニウム系配線34が形成される。また、絶縁層14に設けられた開口部内にアルミニウム系配線層が埋め込まれた接続孔26Aが形成される。

【0051】必要に応じて、アルミニウム系配線34が形成された絶縁層14Aの上に、更に絶縁層を形成し、[工程-210]～[工程-260]を繰り返すことによって、図12に示すような多層配線構造を形成することができる。

【0052】（実施例3）実施例3は実施例2の変形である。実施例2においては、溝部28及び開口部26に同時にアルミニウム層を埋め込んだが、実施例3においては、先ず、接続孔26Aを形成し、その後、溝部を形成する。以下、図13～図15を参照して実施例3を説明する。

【0053】[工程-300] 例えば半導体基板から成る基体10上にSiO<sub>2</sub>及びBPSGから成る絶縁層14を形成する。絶縁層14の形成条件は、実施例2の[工程-200]と同様とすることができる。

【0054】[工程-310] その後、フォトリソグラフィ技術及びドライエッチング技術によって、絶縁層14に開口部26を形成する（図13の（A）参照）。ドライエッチングの条件は、実施例2の[工程-210]と同様とすることができる。

【0055】[工程-320] 次に、スパッタ法にて開口部26を含む絶縁層14の全面にTiから成り厚さ100nmの下地層28Aを形成する。枚葉式マルチチャンパスパッタ装置を用いた下地層28Aの形成条件を例えば実施例1の[工程-120]と同様とすることができる。

【0056】[工程-330] 引き続き、下地層28が酸化されないように、真空中で別のチャンバ内にウエハを搬送し、高温アルミニウムスパッタ法にて下地層28A上にアルミニウム層30A（例えばAl-1%Siから成る）を堆積させる（図13の（B）参照）。絶縁層14上のアルミニウム層30Aの厚さを600nmとした。高温アルミニウムスパッタの条件を、例えば以下のとおりとした。

プロセスガス : Ar=100sccm  
DCパワー : 22.5kW  
スパッタ圧力 : 0.5Pa  
基体加熱温度 : 500°C

基体を高温に加熱した状態でスパッタリングを行うことによって、絶縁層14上の下地層28A上に堆積したアルミニウム層は流動状態となって開口部26へ流れ込み、開口部26はアルミニウム層で確実に充填される。

【0057】[工程-340] その後、絶縁層14上のアルミニウム層30A及び下地層28Aを、実施例1にて説明したケミカルメカニカルポリッシュ法又はドライ

エッチング法にて除去し、開口部26内にアルミニウム層30A及び下地層28Aを残す。こうして、図13の(C)に模式的な一部断面図を示すように、絶縁層14内に接続孔26Aが形成される。

【0058】尚、アルミニウム層によって接続孔26Aを形成する代わりに、例えば、Cu、Mo、Ni、Co等の高融点金属、若しくはTiW、ZrW、WN、W、WC、TiC、その他MoSi<sub>2</sub>、WSi<sub>2</sub>、TiSi<sub>2</sub>等のシリサイド（高融点金属化合物）を用いて接続孔を形成してもよい。接続孔の形成に際しては、CVD法等の成膜方法を用いることもできる。また、アルミニウム層から接続孔を形成する場合、純Al、あるいはAl-Si-Cu、Al-Cu、Al-Ge等のAl合金を用いることもできる。

【0059】[工程-350] 次いで、全面にSiO<sub>2</sub>から成る絶縁層14Aを形成する。絶縁層14Aは、例えば実施例2の[工程-200]と同様の条件で形成することができる。

【0060】[工程-360] 次いで、絶縁層14Aに溝部18を形成する（図14の(A)参照）。溝部18の形成は、実施例2の[工程-210]と同様とすることができる。

【0061】[工程-370] その後、スパッタ法にて溝部18を含む絶縁層14Aの全面にTiから成り厚さ100nmの下地層28を形成する。枚葉式マルチチャンバスパッタ装置を用いた下地層28の形成条件を例えば実施例1の[工程-120]と同様とすることができる。引き続き、下地層28が酸化されないように、真空中で別のチャンバ内にウエハを搬送し、スパッタ法にて下地層28上にアルミニウム層30（例えばAl-1% Siから成る）を堆積させる（図14の(B)参照）。絶縁層14A上のアルミニウム層30の厚さを600nmとした。スパッタの条件を、例えば実施例1の[工程-130]と同様とすることができる。

【0062】[工程-380] 次に、基体に所定の温度勾配を形成した状態で、下地層28及びアルミニウム層30から成るアルミニウム系配線層32を加熱して、アルミニウム系配線層を構成するアルミニウム層30を単結晶化し、以ってアルミニウム系配線を形成する。この工程は実施例1の[工程-140]等と同様とすることができ、詳細な説明は省略する。

【0063】[工程-390] その後、絶縁層14A上の単結晶化されたアルミニウム層30を含むアルミニウム系配線層32を、実施例1の[工程-150]等にて説明したケミカルメカニカルポリッシュ法あるいはドライエッチング法にて除去し、溝部18内にアルミニウム系配線層を残す。これによって、図15に模式的な一部断面図を示すように、絶縁層14Aに埋め込まれたアルミニウム系配線34が形成される。また、絶縁層14に設けられた開口部内にアルミニウム系配線層が埋め込ま

れた接続孔26Aが形成される。

【0064】必要に応じて、アルミニウム系配線34が形成された絶縁層14Aの上に、更に絶縁層を形成し、

[工程-310]～[工程-390]を繰り返すことによって、多層配線構造を形成することができる。

【0065】以上、本発明を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。実施例にて説明した各種条件や数値は例示であり、適宜変更することができる。下地層28として、Ti半層の代わりに、下から、Ti層/TiN層、Ti層/TiON層、Ti層/TiW層等の2層構成、Ti層/TiN層/Ti層、Ti層/TiON層/Ti層、Ti層/TiW層/Ti層等の3層構成とすることもできる。下層導体層として、拡散層だけでなく、Al系合金から成る下層配線層、タングステン等あるいは各種シリサイドやポリシリコンから成る下層配線層、あるいはゲート電極等の各種電極等を挙げることができる。アルミニウム層としては、Al-Si以外にも、純Al、あるいはAl-Si-Cu、Al-Cu、Al-Ge等のAl合金を挙げることができる。

【0066】絶縁層14は専らSiO<sub>2</sub>及びBPSGの2層から成るものとして説明したが、これらの代わりに、SiO<sub>2</sub>、BPSG、PSG、BSG、AsSG、PbSG、SbSG、SOG、SiONあるいはSiN等の公知の絶縁材料、あるいはこれらの絶縁材料から成る層を積層したものから構成することができる。

【0067】基体としては、シリコン半導体基板、あるいはソース・ドレイン領域が形成された半導体基板の他にも、MgO基板、GaAs基板、超伝導トランジスタ基板、下層配線層が形成された絶縁層、接続孔（コンタクトホール、ビヤホール、スルーホール）を形成して電気的接続を形成する必要があるゲート電極等の各種素子部、薄膜トランジスタを作製するための各種基板上に形成されたシリコン層等を挙げることができる。

【0068】本発明の方法は、MOS半導体装置以外の他の半導体装置（例えば、バイポーラトランジスタ、CCD）にも適用できる。又、Ti等から成る下地層は、CVD法等の成膜法で形成することもできる。

【0069】スパッタ法は、マグネトロンスパッタリング装置、DCスパッタリング装置、RFスパッタリング装置、ECRスパッタリング装置、また基板バイアスを印加するバイアススパッタリング装置等、各種のスパッタリング装置にて行うことができる。

【0070】

【発明の効果】本発明のアルミニウム系配線の単結晶化方法によれば、半導体基板の広い面積に亘ってアルミニウム層の単結晶化が可能となり、エレクトロマイグレーションの発生を効果的に防止でき、信頼性の高いアルミニウム系配線を形成することができる。また、アルミニウム系配線は絶縁層に埋め込まれているため、配線構造

13

の平坦化が達成される。この結果、複数の積み重ねられた配線を容易に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の各工程を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図2】実施例1におけるアルミニウム層の単結晶化の状態を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図3】本発明の方法の実施に適した赤外線ランプ加熱装置の概要を示す図である。

【図4】本発明の方法の実施に適した研磨装置の概要を示す図である。

【図5】実施例1の方法に基づき形成された多層配線構造を有する半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図6】本発明の方法の実施に適した赤外線ランプ加熱装置の変形を示す図である。

【図7】本発明の方法の実施に適した赤外線ランプ加熱装置の更に別の変形を示す図である。

【図8】実施例2の各工程を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図9】図8に引き続き、実施例2の各工程を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図10】実施例2におけるアルミニウム層の単結晶化の状態を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図11】アルミニウム系配線の形成された実施例2の半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図12】実施例2の方法に基づき形成された多層配線

14

構造を有する半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図13】実施例3の各工程を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図14】図13に引き続き、実施例3の各工程を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

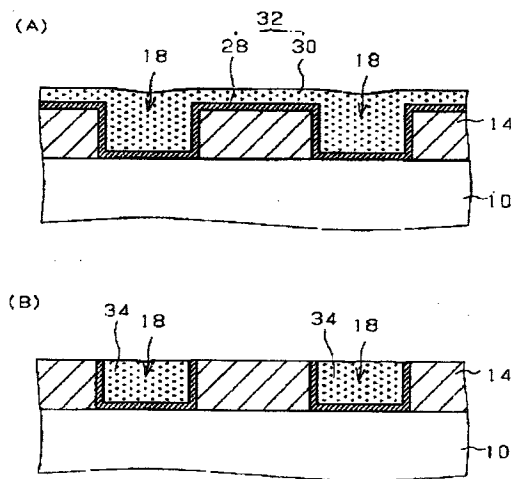
【図15】図14に引き続き、実施例3の工程を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

【図16】従来のアルミニウム系配線の形成方法を説明するための半導体素子の模式的な一部断面図である。

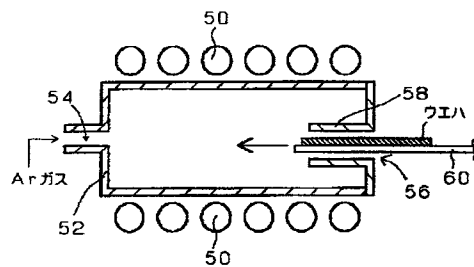
10 【符号の説明】

- 10 基体
- 12 下層導体層
- 14, 14A 絶縁層
- 16 レジストマスク
- 18 溝部
- 20, 24 レジスト層
- 22 SOG層
- 26 開口部
- 28, 28A 下地層
- 30, 30A アルミニウム層
- 32 アルミニウム系配線層
- 34 アルミニウム系配線
- 50 赤外線ランプ
- 52 石英チューブ
- 54 ガス導入部
- 56 挿入口
- 58 反射板
- 60 石英ハンドラー

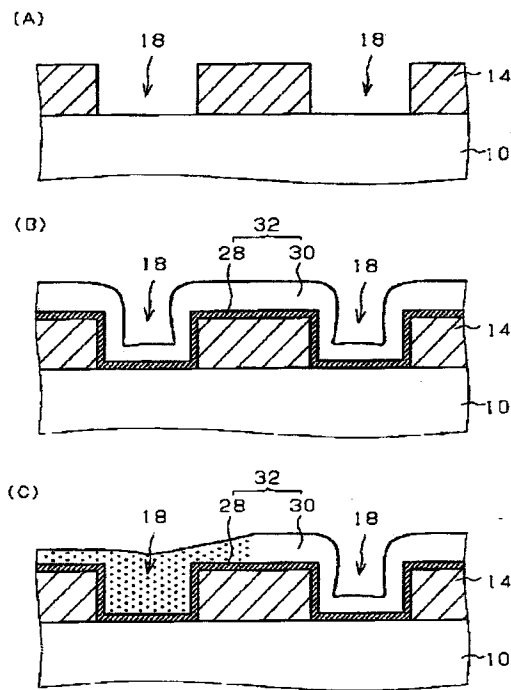
【図2】



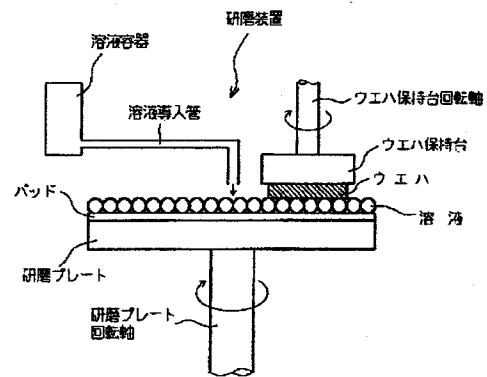
【図3】



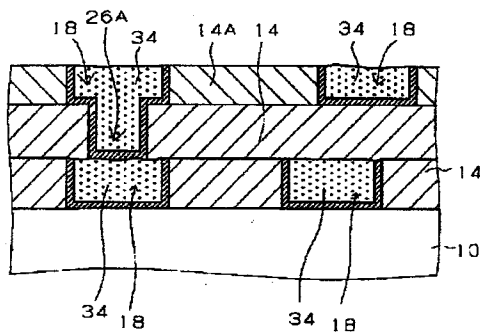
【図1】



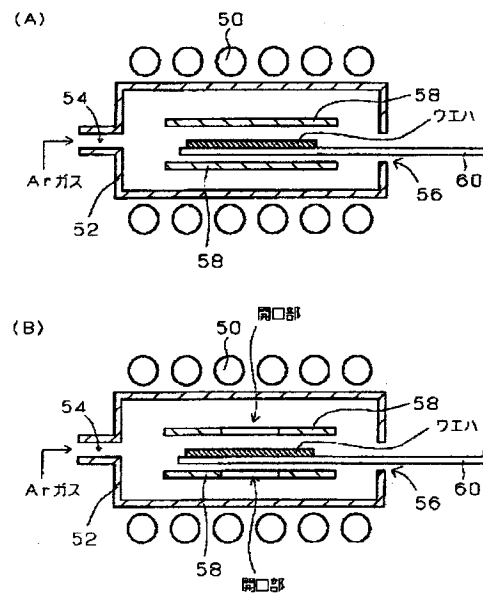
【図4】



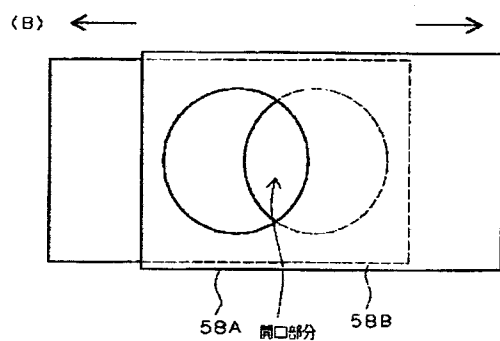
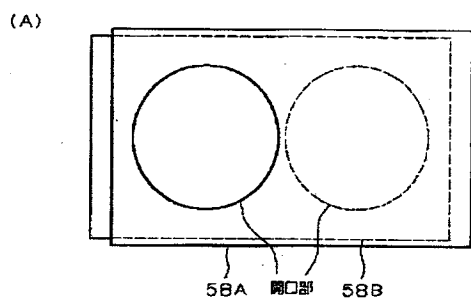
【図5】



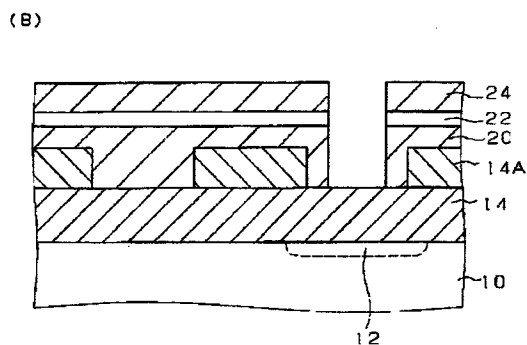
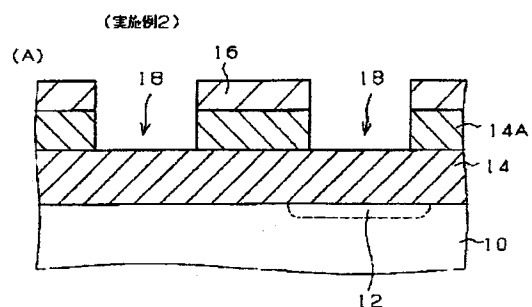
【図6】



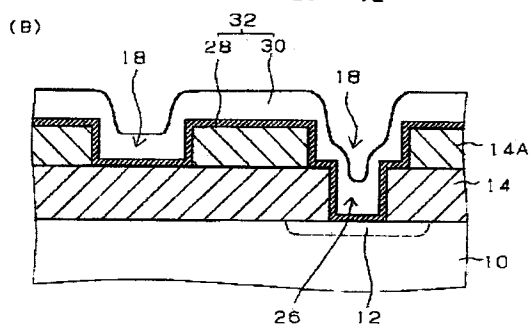
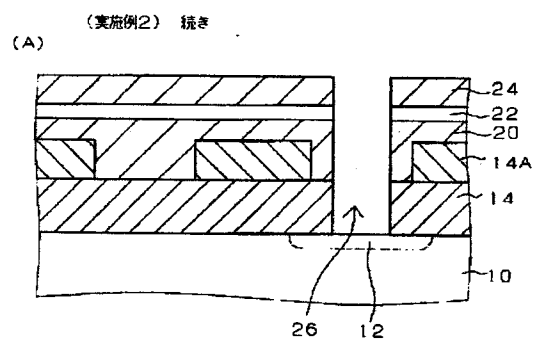
【図7】



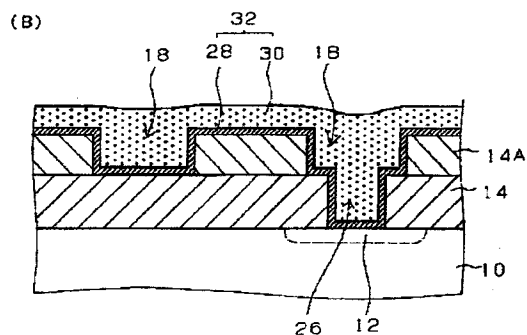
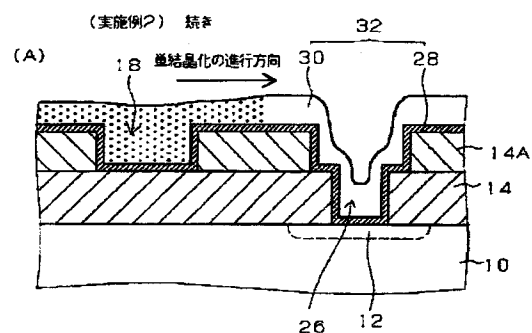
【図8】



【図9】

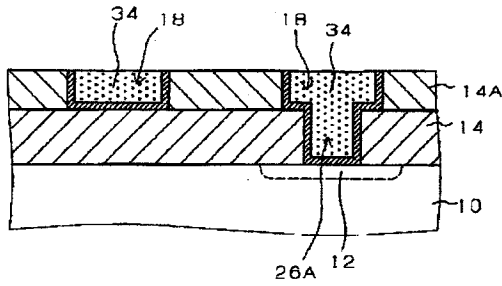


【図10】

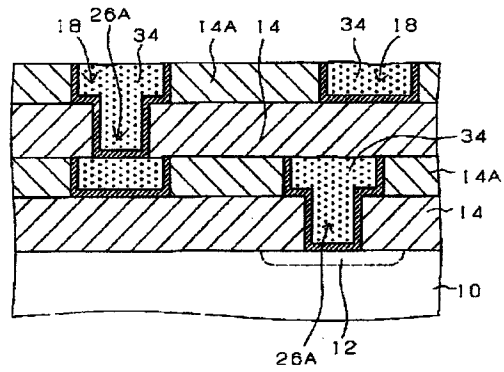


【図11】

(実施例2) 続き

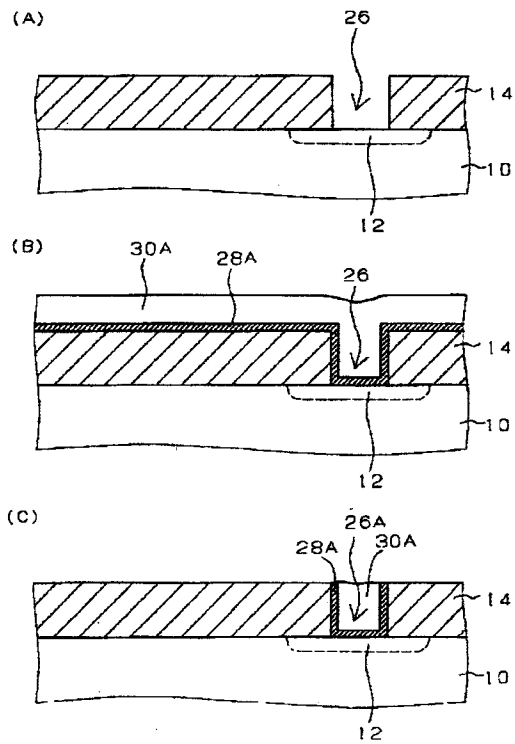


【図12】



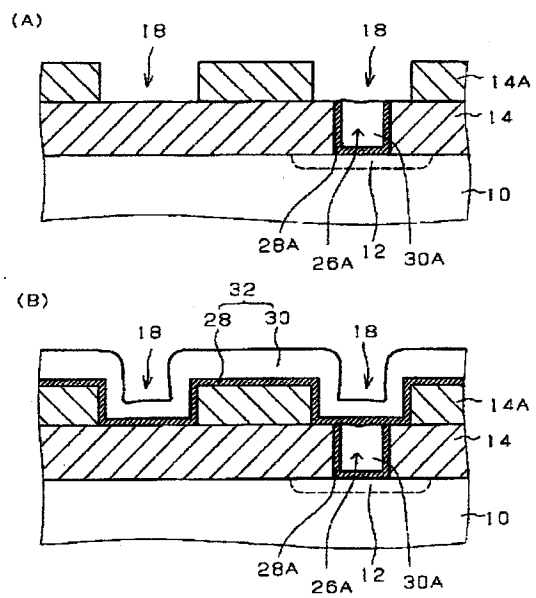
【図13】

(実施例3)



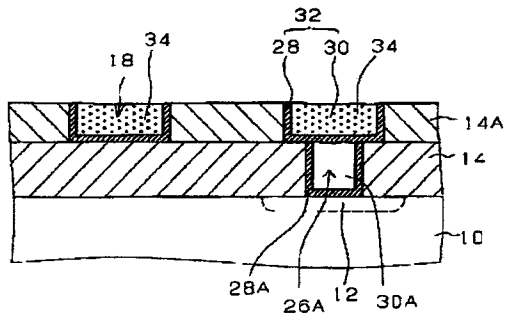
【図14】

(実施例3) 続き



【図15】

(実施例3) 焼き



【図16】

(従来技術)

